复合缓冲剂对奶山羊乳成分、血浆生化指标及激素含量的影响

黎佳颖　庄　苏*　范程瑞　王雨雨　王保哲　刘　强

（南京农业大学动物科技学院，南京 210095）

摘　要：本试验旨在研究长期饲喂高精料饲粮下添加复合缓冲剂（碳酸氢钠、氧化镁、丁酸钠）对奶山羊乳成分、血浆生化指标及激素含量的影响。选择 8 头安装门静脉及肝静脉瘘管处于泌乳中期的奶山羊随机分为 2 组，分别饲喂基础饲粮（高精料饲粮组，HG 组）和基础饲粮+复合缓冲剂（高精料饲粮+复合缓冲剂组，BG 组）。预试期为 7 d，正试期 143 d。结果显示：与 HG 组相比，复合缓冲剂显著升高采食后 0~10 h 瘤胃液 pH 平均值（$P<0.05$）；复合缓冲剂显著降低肝静脉血浆中非酯化脂肪酸的含量（$P<0.05$），对门静脉和肝静脉血浆中葡萄糖、β-羟丁酸含量无显著影响（$P>0.05$），对肝脏组织中甘油三酯和总蛋白含量无显著影响（$P>0.05$）；复合缓冲剂显著降低门静脉血浆中胰岛素和胰高血糖素的含量($P<0.05$)，对门静脉和肝静脉血浆中胰岛素样生长因子 1 和生长激素的含量无显著影响($P>0.05$)；复合缓冲剂显著或极显著升高产奶量、乳脂率、乳蛋白率、乳非脂固形物率（$P<0.05$ 或 $P<0.01$）。综合得出，在长期高精料饲粮饲喂条件下，碳酸氢钠、氧化镁、丁酸钠的复合缓冲剂能通过影响奶山羊血浆生化指标及激素含量，影响体机营养物质代谢，最终有效提高产乳量与改善乳品质。

关键词：复合缓冲剂；高精料；奶山羊；乳品质；胰岛素

中图分类号：S816.7；S826

在我国奶业生产中，由于缺乏优质的粗饲料源，养殖者为了获得高产量及经济效益，通常给动物饲喂高精料饲粮。然而，当反刍动物饲喂高精料饲粮后则会导致瘤胃液 pH 降低，体内代谢异常，最终使生产能力下降、乳品质下降[1]。毫无疑问，产奶性能下降的过程也必定伴随着生化指标的改变和激素代谢的紊乱。

缓冲剂（buffer）是一类能增强溶液酸碱缓冲能力的化学物质，这类化合物能维护溶液 pH 的相对稳定。在畜牧业生产中，缓冲剂常被用于防止反刍动物瘤胃酸中毒或用于提高反刍动物生产性能。钟焰等[2]发现在饲粮中添加缓冲剂能增加瘤胃缓冲容量以防止瘤胃酸中毒。国内外已有不少利用缓冲剂的研究报道[3-5]。常用的缓冲剂有碳酸氢钠、乙酸钠、碳酸钙、碳酸钾、碳酸氢钾、氧化镁、天然碱以及碳酸氢钠-氧化镁、碳酸氢钠-磷酸二氢钾复合缓冲

剂等。其中，缓冲剂的研究主要集中于单一缓冲剂或者碳酸氢钠和氧化镁复合缓冲剂[3,6-7]。

目前，研究缓冲剂对反刍动物的作用主要集中在短期试验条件下对瘤胃发酵代谢的影响，而对动物长期饲喂高精料饲粮后生产性能、血液中尤其是肝脏血液中生化指标及激素含量变化的研究相对较少。为此，本试验以萨能奶山羊为研究对象，研究在长期饲喂高精料饲粮条件下，添加复合缓冲剂（碳酸氢钠、氢化镁、丁酸钠）对奶山羊乳成分、血浆生化指标及激素含量的影响，以期为缓冲剂的饲喂效果提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与饲粮

选择 8 只泌乳 100 d 且安装永久性门静脉瘘管及肝静脉瘘管的奶山羊[（38±3) kg]，随机分为 2 组，每组 4 只，分别饲喂精粗比为 6∶4 的基础饲粮（高精料组，HG 组）（饲料配方及营养水平见表 1）及基础饲粮+复合缓冲剂（碳酸氢钠、氧化镁、丁酸钠）（高精料+复合缓冲剂组，BG 组），复合缓冲剂分 2 次拌入饲料中饲喂动物。试验动物单栏饲养，每天于 08:00 和 18：00 饲喂动物并挤乳。预试期为 7 d，正试期 143 d。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutritional levels[2]	含量 Content
燕麦干草 Dried oat hay	27.00	泌乳净能 Net energy for lactating/(MJ/kg)	6.10
苜蓿干草 Dried alfalfa hay	13.00	粗蛋白质 Crude protein	15.57
玉米 Maize	23.24	可消化粗蛋白质 Digestible crude protein	9.59
麦麸 Wheat bran	20.77	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber	32.76
豆粕 Soybean meal	13.66	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber	19.09
石粉 Limestone	1.43	钙 Ca	0.93
食盐 NaCl	0.40	磷 P	0.39
预混料 Premix[1]	0.50		
合计 Total	100.00		

1）预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 8 000 IU，VD 2 500 IU，VE 20 mg，Fe (as ferrous sulfate) 62.5 mg，Cu (as copper sulfate) 7.5 mg，Mn (as manganese sulfate) 50 mg，Zn (as zinc sulfate) 62.5 mg，Se (as sodium selenite) 0.25 mg，I (as potassium iodide) 0.3 mg，Co (as cobalt sulfate) 0.15 mg，Mo （as molybdenum sulfate) 0.15 mg。

2）泌乳净能为计算值，其余为测定值。Net energy for lactating was a calculated value, while the others were measured values.

1.2 样品采集

试验期间记录早晚 2 次产奶量。在试验最后 3 d，在采食前（0 h）与采食后 1、2、4、6、8、10 h 采集瘤胃液，所得瘤胃液用 4 层纱布过滤，所得滤液测定 pH 后在-20 ℃下保存备用。从门静脉、肝静脉采集血液 5 mL，用 3.6 U/mL 肝素钠进行抗凝处理后迅速转移至实验室，然后在 4 ℃下以 4 000 r/min 离心 10 min 制备血浆，血浆样在-20 ℃保存备用。在试验最后 1 d，屠宰山羊并取其肝脏组织样品，于-70 ℃保存备用。

1.3 指标测定

1.3.1 瘤胃液 pH 测定

瘤胃液 pH 使用酸度计(HI8424，意大利 HANNA)测定。

1.3.2 乳成分测定

乳成分含量使用乳成分全自动分析仪（Julie Z9，保加利亚 Scope）测定。

1.3.3 血浆中葡萄糖、β-羟丁酸（β-hydroxybutyrate，BHBA）、非酯化脂肪酸(non-estesterified fatty acid，NEFA)含量的测定

血浆中葡萄糖、BHBA、NEFA 含量采用生化测试试剂盒测定，测定步骤根据说明书执行。

1.3.4 肝脏组织中总蛋白和甘油三酯(triglyceride，TG)含量的测定

肝脏组织中总蛋白和 TG 含量采用二喹啉甲酸（BCA）法定量试剂盒和 TG 试剂盒测定。

1.3.5 血浆中激素含量的测定

血浆中胰岛素（insulin，INS）、胰高血糖素（glucagon，GC）、胰岛素样生长因子 1（insulin-like growth factor 1，IGF-1）和生长激素（growth hormone，GH）含量采用酶联免疫吸附测定（ELISA）试剂盒测定，步骤根据说明书执行。

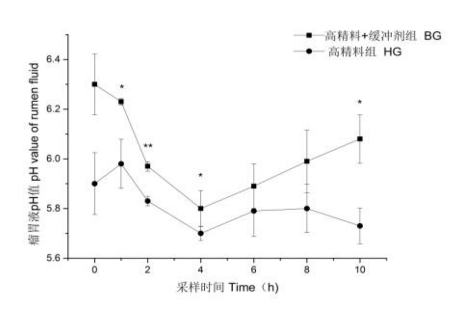
1.4 数据处理

试验数据经 Excel 2007 进行初步整理后，运用 SPSS 18.0 统计软件中的 one-way ANOVA 进行方差分析。饲粮为主要影响因素，数据为平均值，$P<0.05$ 判定为差异显著，$P<0.01$ 判定为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 复合缓冲剂对瘤胃液 pH 的影响

由图 1 可知，瘤胃液 pH 在采食后逐渐下降，在采食后 4 h 达到最低后逐渐恢复至采食前水平。在采食后 1、2、4 及 10 h，BG 组瘤胃液 pH 显著或极显著高于 HG 组（P<0.05 或 P<0.01），BG 组瘤胃液 pH 平均值显著高于 HG 组（6.04 vs. 5.82，P<0.05）。



*表示组间差异显著(P<0.05)；**表示组间差异极显著(P<0.01)。下图同。

* mean significant difference between groups (P<0.05); * mean extremely significant difference between groups (P<0.01). The same as below.

图 1　复合缓冲剂对泌乳奶山羊瘤胃液 pH 动态变化的影响

Fig.1　Effect of compound buffers on the dynamic changes of pH in rumen fluid of lactating goats

2.2　复合缓冲剂对产奶量和乳成分的影响

由表 2 可知，添加复合缓冲剂显著或极显著升高奶山羊的产奶量、乳脂率、乳脂产量、乳蛋白率、乳蛋白产量、乳非脂固形物率、乳非脂固形物产量及乳糖产量（P<0.05 或 P<0.01）。

表 2　复合缓冲剂对泌乳奶山羊产奶量和乳成分的影响

Table 2　Effects of compound buffers on milk yield and milk composition of lactating goats

项目 Items	高精料+复合缓冲剂组 BG group	高精料组 HG group	P 值 P-value
产奶量 Milk yield/(kg/d)	1.04±0.02^{A}	0.95±0.02^{B}	<0.01
乳脂率 Milk fat percentage/%	3.35±0.13^{A}	2.82±0.08^{B}	<0.01
乳脂产量 Milk fat yield/(g/d)	34.85±1.31^{A}	26.83±0.71^{B}	<0.01
乳蛋白率 Milk protein percentage/%	4.15±0.06^{a}	3.85±0.08^{b}	0.01
乳蛋白产量 Milk protein yield/(g/d)	43.21±0.83^{A}	36.59±0.60^{B}	<0.01
乳糖率 Lactose percentage/%	3.75±0.15	3.51±0.15	0.29
乳糖量 Lactose yield/(g/d)	38.95±1.61^{a}	33.34±1.46^{b}	0.01
乳中非脂固形物比率 Milk solid not-fat percentage/%	8.37±0.10^{A}	7.77±0.10^{B}	<0.01
乳中非脂固形物产量 Milk solid not-fat yield/(g/d)	87.09±1.02^{A}	73.81±0.94^{B}	<0.01

同行数据肩标无字母表示差异不显著(P＞0.05)，不同小写字母表示差异显著(P＜0.05)，不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)。下表同。

In the same row , values with no letter mean no significant difference (P＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P＜0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01). The same as below.

2.3　复合缓冲剂对产奶量和乳脂率动态变化的影响

由图 2 可知，2 组前 9 周产奶量比较稳定，随后逐渐降低。BG 组的产奶量在整个泌乳期均高于 HG 组，在第 1、2、5、7、10、11、12、13、14 和 15 周达到显著水平（P<0.05）。

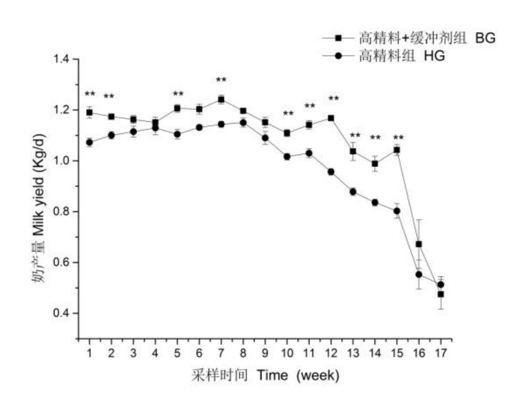


图 2　复合缓冲剂对泌乳奶山羊产奶量动态变化的影响

Fig.2　Effect of compound buffers on the dynamic changes of milk yield of lactating goats

由图 3 可知，2 组乳脂率从第 3 周开始逐渐增加；组间比较发现，每周乳脂率 2 组间虽然没有达到统计上显著性差异（P>0.05），但 BG 组的乳脂率在数值上均高于 HG 组。

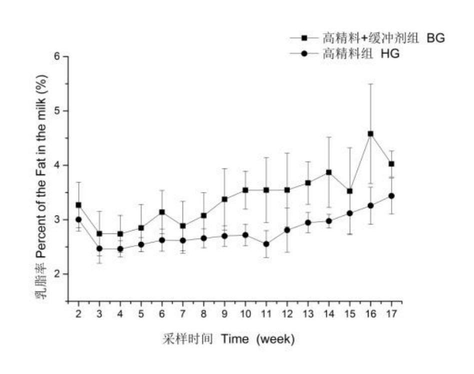


图 3　复合缓冲剂对泌乳奶山羊乳脂率动态变化的影响

Fig.3　Effect of compound buffers on the dynamic changes of milk fat percentage of lactating goats

2.4　复合缓冲剂对血浆及肝脏生化指标的影响

由表 3 可知，2 组门静脉、肝静脉血浆中葡萄糖和 BHBA 含量无显著差异（P>0.05），

2 组肝脏组织中 TG 和总蛋白含量差异不显著（P>0.05）；与 HG 组相比，BG 组血浆中 NEFA 含量降低，其中肝静脉血浆中 NEFA 含量显著下降（P<0.05）。

表 3　复合缓冲剂对泌乳奶山羊血浆及肝脏生化指标的影响

Table 3　Effects of compound buffers on biochemical parameters in plasma and liver of lactating goats

项目 Items	高精料+复合缓冲剂组 BG group	高精料组 HG group	*P* 值 *P*-value
门静脉 Portal vein			
葡萄糖 Glucose/(mmol/L)	3.41±0.12	3.60±0.12	0.15
β-羟丁酸 BHBA/(mmol/L)	0.61±0.02	0.60±0.04	0.61
非酯化脂肪酸 NEFA/(mmol/L)	0.21±0.02	0.29±0.05	0.14
肝静脉 Hepatic vein			
葡萄糖 Glucose/(mmol/L)	3.73±0.08	3.63±0.10	0.45
β-羟丁酸 BHBA/(mmol/L)	0.45±0.02	0.45±0.01	0.96
非酯化脂肪酸 NEFA/(mmol/L)	0.35±0.04^{a}	0.49±0.05^{b}	0.03
肝脏组织 Liver tissue			
甘油三酯 TG (g/g prot)	6.28±0.74	8.24±1.74	0.30
总蛋白 Total protein (mg/g prot)	1.03±0.15	1.11±0.02	0.65

2.5　复合缓冲剂对血浆激素含量的影响

由表 4 可知，与 HG 组相比，BG 组奶山羊门静脉血浆中 INS 和 GC 含量显著降低（P<0.05）；而肝静脉中上述指标无显著差异（P>0.05）；在门静脉和肝静脉血浆中，虽然 2 组的 IGF-1 和 GH 含量差异不显著（P>0.05），但是 BG 组在数值上略高于 HG 组。

表 4　复合缓冲剂对泌乳奶山羊血浆激素含量的影响

Table 4　Effects of compound buffers on hormone contents in plasma of lactating goats　　ng/mL

项目 Items	高精料+复合缓冲剂组 BG group	高精料组 HG group	*P* 值 *P*-value
门静脉 Portal vein			
胰岛素 INS	1.24±0.02^{A}	1.59±0.03^{B}	<0.01
胰高血糖素 GC	2.06±0.11^{A}	3.39±0.13^{B}	<0.01
胰岛素样生长因子-1 IGF-1	911.32±95.62	781.33±76.20	0.30
生长激素 GH	15.10±1.26	13.41±1.69	0.44
肝静脉 Hepatic vein			
胰岛素 INS	2.03±0.06	2.09±0.04	0.47
胰高血糖素 GC	3.30±0.14	3.35±0.09	0.79
胰岛素样生长因子-1 IGF-1	634.55±43.99	595.41±46.44	0.55
生长激素 GH	15.25±0.58	14.32±2.36	0.74

3　讨　论

3.1　复合缓冲剂对瘤胃内环境的影响

饲喂高精料饲粮会导致反刍动物瘤胃液 pH 降低，从而引发瘤胃酸中毒[8]。本试验发现，饲喂高精料饲粮后奶山羊瘤胃液 pH 降低，而添加复合缓冲剂则使得瘤胃液 pH 升高，说明复合缓冲剂有利于缓解由 pH 降低引发的瘤胃酸中毒；同时，添加复合缓冲剂使得瘤胃液乙酸含量显著升高（51.84 mmol/L vs. 46.82 mmol/L 已接收论文），这可能是因为在高精料条件下纤维素分解菌活性降低，从而使得乙酸含量降低，而添加复合缓冲剂则有助于缓解这一变化。

3.2　复合缓冲剂对奶山羊血浆生化指标的影响

葡萄糖是反刍动物能量的重要来源。反刍动物葡萄糖，除了未被瘤胃降解而进入小肠消化吸收的少量饲粮中糖类物质外，更多来自于肝脏糖异生作用[9]。本试验发现，BG 组肝静脉血浆中葡萄糖含量比门静脉增加了 9.38%，而 HG 组的增加幅度有限，推测产生这一结果是因为 BG 组肝脏糖异生作用增强，肝脏能够利用更多的生糖物质如丙酸等原料转化为葡萄糖，进而为乳腺提供更多的乳糖合成前体物。因此，这可能是 BG 组乳糖产量显著高于 BG 组的根本原因。相关研究表明，高精料饲粮能提供更多的肝脏糖异生前体物，提高血浆中葡萄糖含量[10-11]。在本试验中，由于 2 组动物饲喂基础饲粮一致，瘤胃液中丙酸浓度无显著差异（17.44mmol/L vs. 17.96 mmol/L 已接收论文），而 BG 组乳糖率与乳糖产量增加的原因推测为添加复合缓冲剂增加动物肝脏糖异生能力，使得肝静脉血浆中葡萄糖含量得到增加，最终导致乳糖产量增加。另有研究表明，饲喂高精料饲粮会降低瘤胃液 pH，增加瘤胃异常代谢产物——脂多糖（lipopolysaccharide，LPS）产量，从而诱发动物肝脏中炎症因子增加，使得肝脏功能受到损伤[12]。添加复合缓冲剂后，瘤胃液 pH 得到提高，从而减少瘤胃异常代谢产物生成，也可降低瘤胃异常代谢产物对肝脏的损伤，保证肝脏正常功能发挥，这也是造成肝静脉血浆中葡萄糖含量在 BG 组高于 HG 组原因之一。机体能量的平衡和动用状态可以通过 NEFA 和 BHBA 含量的高低来表示[13]，二者的含量会受到饲粮的组成和动物生理阶段的影响[14]。研究发现，泌乳期的反刍动物处于能量负平衡时容易发生酮血症，血液中 NEFA 的含量会增加[15]。当反刍动物肝脏脂肪酸氧化或以极低密度脂蛋白的形式输出 TG 的能力受限时，脂肪酸超过了肝脏输出或脂肪酸在线粒体 β 氧化的能力，此时脂肪酸就过多地以 TG 的形式在肝脏中蓄积形成脂肪肝。本试验发现，添加复合缓冲剂使得血浆 NEFA 含量降低，

其原因可能是血浆葡萄糖含量的升高减缓了脂解作用，这也说明能量利用的效率得到了改善。BHBA 是血浆中主要的酮体[16]，同时也是乳脂合成的前体物。研究发现，血清中 BHBA 与 NEFA 存在正相关关系[17]。本试验中 BG 组中血浆 BHBA 含量却并未随 NEFA 含量的降低而降低，推测其原因可能是复合缓冲剂中含有丁酸钠，使得血液中 BHBA 的前体物即丁酸含量升高，因而 BHBA 含量无显著变化。

3.3 复合缓冲剂对奶山羊血浆激素含量的影响

在机体营养物质的代谢中，血液中生化指标的改变能直观反映其代谢过程，而激素含量的变化不仅能反映代谢过程，更是调控机体代谢的重要因素之一。GC 和 INS 是调节机体葡萄糖处于稳态的重要激素。研究表明，GC 能提高肝脏吸收丙酸及丙氨酸等葡萄糖前体物的能力，进而增强肝脏糖异生作用，促进肝糖原分解和葡萄糖的生成[18-19]，使血液葡萄糖含量升高。而 INS 作用相反，当血液葡萄糖含量升高时，INS 分泌增加，能抑制肝脏糖异生和糖原分解，进而减弱肝脏输出葡萄糖的能力，使血液葡萄糖含量降低[20-21]。此外，INS 含量的升高还能促进脂肪组织合成脂肪酸及 TG，抑制脂肪分解，使得脂肪代谢发生一系列的变化[22]。这是由于 INS 及 INS 受体能抑制脂解激素和腺苷酸环化酶激活剂（forskolin），促进脂肪细胞环磷酸腺苷（cAMP）含量升高和 NEFA 释放[1]。相反地，GC 则有加强体脂分解的作用[23]。近期研究表明，高精料除了使反刍动物瘤胃液 pH 降低，还能使血浆中 INS 含量升高[24]；INS 含量升高可以引起奶山羊乳脂率的显著降低，其主要原因是 INS 促进了脂肪组织中脂肪酸的吸收，减少其释放量，最终降低了乳腺对血液 NEFA 和 TG 的吸收[25]。另一项研究表明，添加剂如镁的补充，可使胰岛细胞增殖活性增高，血液葡萄糖含量降低，INS 含量降低，从而减弱 INS 抵抗作用[26]。本试验发现，添加复合缓冲剂能够使得血浆 GC 和 INS 含量降低。这可能是因为复合缓冲剂影响了 INS 抵抗机制，使得 BG 组门静脉血浆中 INS 含量显著降低，从而乳腺对血液 NEFA 和 TG 的吸收作用加强，最终使乳脂率显著增加。

GH 是由垂体前叶分泌的激素，它可以调节机体营养物质合成过程中营养物质的分配比例，增加肌肉组织中蛋白质的合成，减少脂肪组织的增生[27]。GH 对脂肪代谢具有生理效应和药理效应。其生理效应（抗 INS 样效应）可以导致体脂分解，NEFA 含量升高；其药理效应（INS 样效应）可促进葡萄糖吸收和脂肪细胞酯化作用[28]。GH 是 GH/IGF-1 轴调节生长的重要激素，也是调控 IGF-1 分泌的重要影响因素[29]。GH 对动物的促生长作用主要是由

IGF-1 的介导作用完成的。研究发现，GH 与反刍动物产奶量之间存在正相关关系，经 GH 处理后，动物产奶量能显著增加[30-31]。血浆 IGF-1 主要来源自肝脏，GH 的分泌和营养状况影响其合成；反之，IGF-1 也可以从下丘脑和垂体水平对 GH 进行负反馈调节[32]。此外，IGF-1 参与了脂肪组织中糖的代谢和转运，促进脂肪和糖原的合成，促进了细胞对葡萄糖的利用。本试验发现，添加复合缓冲剂后，IGF-1 和 GH 在数值上均有一定的提高，说明添加复合缓冲剂提高机体内 GH 含量，从而刺激肝脏 IGF-1 的合成，进而增强肝细胞的 TG 的合成和转运，为乳脂合成提供更多的前体物，最终使乳脂率和产奶量显著增加，结果与李心慰[33]的研究一致。

3.4 复合缓冲剂对奶山羊乳成分的影响

研究发现碳酸氢钠能提高产奶量和乳脂率[34]。本试验发现在动物长期饲喂饲粮精粗比为 60∶40 条件下，添加复合缓冲剂能提高使奶山羊的产奶量、乳脂率、乳蛋白率等指标。结果说明添加复合缓冲剂更有助于提高产奶量及改善乳品品质。

4 结 论

在本试验条件下添加复合缓冲剂能升高奶山羊瘤胃液 pH，降低奶山羊血浆中 NEFA 含量，增加肝脏葡萄糖异生，降低血浆 INS 和 GC 含量及增加 GH 和 IGF-1 含量，最终提高产奶量及改善乳品质。

参考文献：

[1] 董海波,王绍庆,贾媛媛,等.长期亚急性瘤胃酸中毒对泌乳期山羊乳品质和肝脏基因表达的影响[C]//全国动物生理生化第七届全国代表大会暨第十三次学术交流会论文集.沈阳:中国畜牧兽医学会,2014:175–176.

[2] 钟焰,王冲.碳酸氢钠与现代畜禽离子代谢、生产[J].中国牛业科学,2014,40(4):53–54.

[3] 伍一军,韩正康,陈杰.用缓冲剂调控奶牛瘤胃消化代谢及其泌乳性能的研究[J].南京农业大学学报,1990,13(4 增刊):88–94.

[4] KENNELLY J J,ROBINSON B,KHORASANI G R.Influence of carbohydrate source and buffer on rumen fermentation characteristics,milk yield,and milk composition in early-lactation Holstein cows[J].Journal of Dairy Science,1999,82(11):2486–2496.

[5] ROGERS J A,DAVIS C L,CLARK J H.Alteration of rumen fermentation,milk fat

synthesis,and nutrient utilization with mineral salts in dairy cows[J].Journal of Dairy Science,1982,65(4):577–586.

[6] SNYDER T J,ROGERS J A,MULLER L D.Effects of 1.2% sodium bicarbonate with two ratios of corn silage:grain on milk production,rumen fermentation,and nutrient digestion by lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,1983,66(6):1290–1297.

[7] KAPLAN O,DENIZ S,KARSLI M A,et al.Effects of sodium bicarbonate,magnesium oxide and dried sugar beet pulp in diets of dairy cows on milk yield,milk composition and rumen fluid and some blood parameters[J].Journal of Animal and Veterinary Advances,2010,9(11):1570–1574.

[8] KRAUSE K M,OETZEL G R.Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds:a review[J].Animal Feed Science and Technology,2006,126(3/4):215–236.

[9] ORTIGUES-MARTY I,VERNET J,MAJDOUB L.Whole body glucose turnover in growing and non-productive adult ruminants:meta-analysis and review[J].Reproduction Nutrition Development,2003,43(4):371–383.

[10] 潘巧.日粮精粗比对奶山羊肝脏糖异生的影响及其机理研究[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2012:47–58.

[11] ZHUANG S,YAN R,DONG W C,et al.Effects of different levels of forage and concentrate on the metabolism of glucose,β-hydroxybutyrate and nonesterified fatty acid in livers of nonlactating goats[J].The Journal of Animal & Plant Sciences,2014,24(1):135–141.

[12] 郭峻菲.内源性LPS对奶牛肝脏的炎性损伤与机理研究[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2014:33–42.

[13] CANFIELD R W,BUTLER W R.Energy balance,first ovulation and the effects of naloxone on LH secretion in early postpartum dairy cows[J].Journal of Animal Science,1991,69(2):740–746.

[14] DUSKE K,HAMMON H M,LANGHOF A K,et al.Metabolism and lactation performance in dairy cows fed a diet containing rumen-protected fat during the last twelve weeks of gestation[J].Journal of Dairy Science,2009,92(4):1670–1684.

[15] 金立志.烟酸与反刍动物营养[J].国外畜牧科技,1987(6):28–31.

[16] KATZ M L,BERGMAN E N.Hepatic and portal metabolism of glucose,free fatty acids,and ketone bodies in the sheep[J].American Journal of Physiology,1969,216(4):953–960.

[17] 张瑞华.亚临床酮病对奶牛产奶和繁殖性能的影响及其血液生化指标的变化[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2009:51–61.

[18] NOUSIAINEN J,RINNE M,HUHTANEN P.A meta-analysis of feed digestion in dairy cows.1.The effects of forage and concentrate factors on total diet digestibility[J].Journal of Dairy Science,2009,92(10):5019–5030.

[19] BROCKMAN R P,GREER C.Effects of somatostatin and glucagon on the utilization of [2-^{14}C] propionate in glucose production in vivo in sheep[J].Australian Journal of Biological Sciences,1980,33(4):457–464.

[20] SALTIEL A R,KAHN C R.Insulin signalling and the regulation of glucose and lipid metabolism[J].Nature,2001,414(6865):799–806.

[21] 李士颖.肝胰岛素抵抗发病机制的研究进展[J].中华中西医杂志,2007,8(10):893–896.

[22] EMERY R S.Biosynthesis of milk fat[J].Journal of Dairy Science,1973,56(9):1187–1195.

[23] BROCKMAN R P,BERGMAN E N,POLLAK W L,et al.Studies of glucose production in sheep using [6-^{3}H] glucose and [U-^{14}C) glucose[J].Canadian Journal of Physiology and Pharmacology,1975,53(6):1186–1189.

[24] 闫磊.日粮精料水平对瘤胃上皮 SCFA 吸收相关载体表达的影响及其机理研究[D].博士学位论文.南京:南京农业大学,2014:89–111.

[25] 程光民,陈凤梅,林雪彦,等.葡萄糖和胰岛素同时灌注对奶山羊乳脂合成的影响[J].动物营养学报,2009,21(2):192–198.

[26] 沈晓琳,邱霞,丛朋地,等.镁补充对 2 型糖尿病大鼠胰岛素抵抗的改善作用[J].中国食物与营养,2012,18(12):66–68.

[27] JIANG H,GE X.Meat science and muscle biology symposium-mechanism of growth hormone stimulation of skeletal muscle growth in cattle[J].Journal of Animal Science,2014,92(1):21–29.

[28] 单安山,徐奇友.动物脂肪代谢与调控[J].东北农业大学学报,2004,35(2):216–221.
[29] DAUGHADAY W H.Growth hormone axis overview-somatomedin hypothesis[J].Pediatric Nephrology,2000,14(7):537–540.
[30] BAUMAN D E,VERNON R G.Effects of exogenous bovine somatotropin on lactation[J].Annual Review of Nutrition,1993,13(1):437–461.
[31] MACRINA A L,KAUF A C W,KENSINGER R S.Effect of bovine somatotropin administration during induction of lactation in 15-month-old heifers on production and health[J].Journal of Dairy Science,2011,94(9):4566–4573.
[32] YAMASHITA S,MELMED S.Insulinlike growth factor Ⅰ regulation of growth hormone gene transcription in primary rat pituitary cells[J].Journal of Clinical Investigation,1987,79(2):449–452.
[33] 李心慰.乙酸、非酯化脂肪酸、生长激素和催乳素调控奶牛肝细胞脂代谢的信号机制[D].博士学位论文.长春:吉林大学,2013:73–96.
[34] 王放银,彭卫民,曹任辉.小苏打对奶牛泌乳性能的影响试验[J].乳业科学与技术,2004,26(3):124–125.

Effects of Compound Buffers on Milk Composition, Biochemical Parameters and Hormone Contents in Plasma of Lactating Goats

LI Jiaying ZHUANG Su* FAN Chengrui WANG Yuyu WANG Baozhe LIU Qiang
(*College of Animal Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing* 210095, *China*)

Abstract：The aim of this study was to investigate the effects of compound buffers compound buffers (sodium bicarbonate, magnesium oxide and sodium butyrate) on milk composition, biochemical parameters and hormone contents in plasma of lactating goats fed high concentrate diet for long term. Eight mid-lactating goats with portal and hepatic vein catheters were randomly divided into two groups to feed a basal diet (high concentrate diet group, HG group) or the basal diet added with compound buffers (high concentrate diet + compound buffers group, BG group).

*Corresponding author, professor， E-mail: zhuangsu@njau.edu.cn （责任编辑 王智航）

The pretest lasted for 7 d, and the test lasted for 143 d. The results showed as follows: compared with HG group, compound buffers significantly increased the mean of rumen fluid pH at 0 to 10 h after feeding （$P<0.05$）； compound buffers significantly increased plasma non-estesterified fatty acid content in hepatic vein （$P<0.05$）， but had no significant effects on plasma contents of glucose and β-hydroxybutyrate in portal and hepatic veins （$P>0.05$）, and had no significant effects on triglyceride and total protein contents in liver tissue （$P>0.05$）; compound buffers significantly decreased plasma insulin and glucagon contents in portal vein ($P<0.05$)， but had no significant effects on plasma insulin-like growth factor 1 and growth hormone contents in portal and hepatic veins ($P>0.05$); compound buffers significantly increased milk yield, milk fat percentage, milk protein percentage and milk solid not-fat percentage ($P<0.05$ or $P<0.01$). The results suggest that adding compound buffers of sodium bicarbonate, magnesium oxide and sodium butyrate affects the metabolism of nutrients through changing plasma biochemical parameters and hormone contents, and increases milk yield and improves milk quality of dairy goats fed high concentrate diet for long term.

Key words: compound buffers; high concentrate; dairy goat; milk quality; insulin